

ЛОЖНЫЕ СУХОЖИЛИЯ В ЛЕВОМ ЖЕЛУДОЧКЕ

Бляхман Ф. А.^{1,2}, Зиновьева Ю. А.³, Мехдиева К. Р.², Найдич А. М.¹, Соколов С. Ю.^{1,2}, Тимохина В. Э.²

Цель. Установить наличие тесных причинно-следственных связей между топологией ложных сухожилий (ЛС) в левом желудочке (ЛЖ), региональной и глобальной функцией сердца, включая его способность адаптироваться к физическим нагрузкам.

Материал и методы. Группу исследования составили 90 здоровых молодых людей (48 девушек и 42 юноши) в возрасте $20,2 \pm 2,9$ лет, активно занимающихся физической культурой и спортом. Наличие у испытуемых дисплазии соединительной ткани было подтверждено в соответствии с Национальными рекомендациями по диагностике и лечению наследственных нарушений соединительной ткани (2012). Было выполнено стандартное эхокардиографическое исследование с последующей цифровой обработкой видеоизображений сердца для построения 3D-модели ЛЖ и оценки региональной функции миокарда. Способность сердца адаптироваться к физическим нагрузкам была определена с помощью нагрузочного тестирования на тредмиле.

Результаты. Описание топологии ЛС в рамках 3D-модели ЛЖ выявило наличие от 1 до 5 сухожилий на один ЛЖ, которые преимущественно были расположены в высоких отделах желудочка, и ориентированы перпендикулярно или под небольшим углом к его длинной оси. Основные показатели глобальной структуры и функции ЛЖ были в пределах нормы, однако у всех лиц была выявлена высокая степень механической асинхронности в покое. Также была обнаружена большая вариабельность значений показателей, характеризующих способность сердца адаптироваться к физическим нагрузкам. Методами корреляционного, однофакторного и многофакторного анализа данных установлено: чем больше ЛС на один ЛЖ, тем выше уровень исходной механической асинхронности и ниже способность сердца адаптироваться к физическим нагрузкам.

Заключение. Здоровые лица молодого возраста с ЛС в ЛЖ, систематически занимающиеся спортом, физической культурой и фитнесом, нуждаются в строго индивидуальном дозировании физических нагрузок. Непосредственно ЛС в ЛЖ затрагивают резервные возможности сердца, поэтому могут теоретически ограничивать потенциальный диапазон компенсаторных механизмов при развитии патологических изменений в миокарде и, следовательно, должны являться предметом пристального внимания кардиологов при диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний.

Российский кардиологический журнал 2017, 2 (142): 87–91

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-2-87-91>

Ключевые слова: синдром дисплазии соединительной ткани, левый желудочек, ложные сухожилия, глобальная и региональная функция миокарда, механическая асинхронность, физические нагрузки, функциональный резерв сердца.

¹ФГБОУ ВО Уральский государственный медицинский университет Минздрава России, Екатеринбург; ²ФГАУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург; ³ГБУЗ СО Свердловская областная больница № 2, Екатеринбург, Россия.

Бляхман Ф. А.* — д.б.н., профессор, зав. кафедрой медицинской физики, информатики и математики, Зиновьева Ю. А. — к.м.н., зав. отделением функциональной и ультразвуковой диагностики, Мехдиева К. Р. — к.м.н., доцент кафедры сервиса и оздоровительных технологий, зав. научной лабораторией Технологии восстановления и отбора в спорте, Найдич А. М. — к.м.н., с.н.с. отдела биомедицинской физики и инженерии ЦНИЛ, Соколов С. Ю. — к.ф.м.н., доцент кафедры медицинской физики, информатики и математики, инженер лаборатории биофизики, Тимохина В. Э. — аспирант.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Feliks.Blyakhman@urfu.ru

АД — артериальное давление, ДП — двойное произведение, ДСТ — дисплазия соединительной ткани, КСК — конечно-систолический кадр, ЛЖ — левый желудочек, ЛС — ложные сухожилия, МЖП — межжелудочковая перегородка, МПК — максимальное потребление кислорода, ФРС — функциональный резерв сердца, ЧСС — частота сердечных сокращений, Cv — коэффициент вариации.

Рукопись получена 18.08.2016

Рецензия получена 19.09.2016

Принята к публикации 26.09.2016

FALSE TENDONS IN THE LEFT VENTRICLE

Blyakhman F. A.^{1,2}, Zinovieva Yu. A.³, Mekhdieva K. R.², Naydich A. M.¹, Sokolov S. Yu.^{1,2}, Timokhina V. E.²

Aim. To find out the close mean-end relations of the false tendons (FT) topology in the left ventricle (LV), regional and global heart functioning, including its ability to endure exertion.

Material and methods. Totally, 90 healthy young persons included (48 females), age $20,2 \pm 2,9$ y.o., actively participating in sports. Connective tissue dysplasia was confirmed according to National guidelines on Diagnostics and management of inherited connective tissues disorders (2012). The routine echocardiographic study was done with further digital processing and 3D modelling of the LV with regional myocardium function assessment. The ability of the heart to adapt exertion was measured by exercise test on thread-mill.

Results. Describing of FT topology in 3D-model of LV revealed the presence of 1 to 5 tendons by 1 LV, which mostly were located in upper parts of the ventricle, and oriented perpendicularly or at small angle to its longitudinal axis. Main values of global structure and function of the LV were at normal range, but in all participants, there was high level of mechanical asynchronicity at rest. In addition, there was high variability of parameters related to the ability of the heart to endure exercises.

By methods of correlational, monofactorial and multifactorial analysis, it was revealed that: as many FT by 1 LV, as higher the level of baseline mechanical asynchronicity and lower the heart ability to adapt exertion.

Conclusion. Young healthy persons with FT in LV, participating systematically in sports, physical exercise or fitness, need strictly individualized regimen of exercise.

Russ J Cardiol 2017, 2 (142): 87–91

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-2-87-91>

Key words: connective tissue dysplasy syndrome, left ventricle, false tendons, global and regional myocardial function, mechanic asynchronicity, physical exertion, functional myocardium reserve.

¹Ural State Medical University of the Ministry of Health, Ekaterinburg; ²Ural Federal University after the First Russia President Eltsin B. N., Ekaterinburg; ³Sverdlovskaya Regional Hospital № 2, Ekaterinburg, Russia.

Ложные сухожилия (ЛС), или аномальные хорды, в левом желудочке (ЛЖ) представляют собой дополнительные соединительнотканые образования, соединяющие стенки ЛЖ, и не имеющие точек крепления к клапанному аппарату сердца [1, 2]. Структура ЛС представлена преимущественно клетками коллагена, однако может содержать кардиомиоциты и клетки Пуркинье [3].

Ложные сухожилия являются фенотипическим маркером синдрома дисплазии соединительной ткани (ДСТ), генетически детерминированного процесса нарушения синтеза коллагена в эмбриональном и постэмбриональном периоде развития [1]. В последние десятилетия распространенность ДСТ и ЛС в ЛЖ в популяции людей неуклонно возрастает, что связывают с увеличением антропогенной нагрузки на среду обитания [1, 4].

Вопрос о клинической значимости ЛС в ЛЖ для функции сердца является предметом многолетних дебатов кардиологов [1-3]. Согласно результатам многочисленных клинических исследований на эту тему, ЛС в ЛЖ не оказывают выраженного влияния на глобальную функцию сердца в покое, и поэтому рассматриваются как вариант нормы [3]. Вместе с тем, ряд авторов обращает внимание, что у лиц с ЛС в ЛЖ имеют место нарушения функции миокарда и сердца в целом [1, 2].

Недавние исследования в области спортивной кардиологии наглядно демонстрируют, что ЛС в ЛЖ могут являться дополнительным фактором риска внезапной сердечной смерти. По данным аутопсии было обнаружено, что ЛС в ЛЖ имели место в 100% фатальных случаев молодых спортсменов, а также детей и подростков на уроках физической культуры [5]. Это подразумевает, что при прочих равных условиях, ЛС в ЛЖ снижают диапазон адаптации сердца к нагрузкам. Другими словами, функциональный

резерв сердца (ФРС) у лиц с ДСТ и ЛС в ЛЖ изначально меньше, чем у других субъектов.

Механизмы повреждающего действия ЛС на функцию сердца мало изучены. Цель настоящей работы: привлечь внимание широкой кардиологической общности на наличие тесных причинно-следственных связей между топологией ЛС в ЛЖ, региональной и глобальной функцией сердца, включая его способность адаптироваться к физическим нагрузкам.

В работе представлены результаты трансторакальной эхокардиографии и нагрузочного тестирования группы молодых людей с ДСТ и ЛС в ЛЖ, которым по состоянию здоровья не ограничена интенсивность физических нагрузок. Показано, что ЛС определенной локализации в ЛЖ снижают ФРС и увеличивают механическую асинхронность регионов сердечной стенки, и эти явления тесно связаны между собой.

Материал и методы

Группу исследования составили 90 лиц с ДСТ, у которых в ходе скрининговой эхокардиографии (ЭхоКГ) на базе клиник ГБУЗ СО “СОБ № 2” и ООО “Преображенская клиника” (Екатеринбург) были выявлены ЛС в ЛЖ. В группу вошли здоровые молодые люди (48 девушек и 42 юноши) в возрасте от 16 до 30 лет, активно занимающиеся физической культурой и спортом. Наличие ДСТ было подтверждено в соответствии с Национальными рекомендациями по диагностике и лечению наследственных нарушений соединительной ткани (2012) [6]. У всех испытуемых было получено письменное согласие на участие в исследовании и дальнейшую обработку полученных данных. Средний возраст волонтеров составил $20,2 \pm 2,9$ лет; рост — $175,0 \pm 13,2$ (152–211,5) см; вес — $68,5 \pm 13,3$ (48–116,7) кг; ИМТ — $22,3 \pm 1,9$ (18,4–27,3) кг/м².

Углубленное ЭхоКГ исследование выполнено на аппаратах Acuson Sequoia 512S (Siemens, Германия) и Philips Ultrasound HD15 (Philips, США), в В- и М-режимах в соответствии со стандартным протоколом [7, 8]. Видеоизображения сердца, синхронизированные с ЭКГ, были оцифрованы для последующей обработки на измерительном комплексе “Dicor”[®] [9]. В результате полуавтоматической трассировки контуров сечений ЛЖ по длинной и короткой осям были получены данные, необходимые для построения 3D-модели камеры и анализа региональной механической функции миокарда. Методические подходы для описания топологии ЛС на основе трехмерной реконструкции ЛЖ, а также движения регионов сердечной стенки были изложены детально в наших ранних публикациях [10–13]. Рисунки 1 и 2 иллюстрируют возможности использованных методов для оценки топологии ЛС и региональной функции ЛЖ.

Способность сердца адаптироваться к физическим нагрузкам, то есть количественная оценка функционального резерва сердца была выполнена



А



Б

Рис. 1 (А, Б). Пример визуализации ложного сухожилия в левом желудочке. **Примечание:** показано срединно-апикальное сухожилие, обнаруженное в сечении по длинной оси ЛЖ из апикальной четырехкамерной позиции сердца (А); то же ложное сухожилие, формализованное в рамках трехмерной модели ЛЖ (Б).

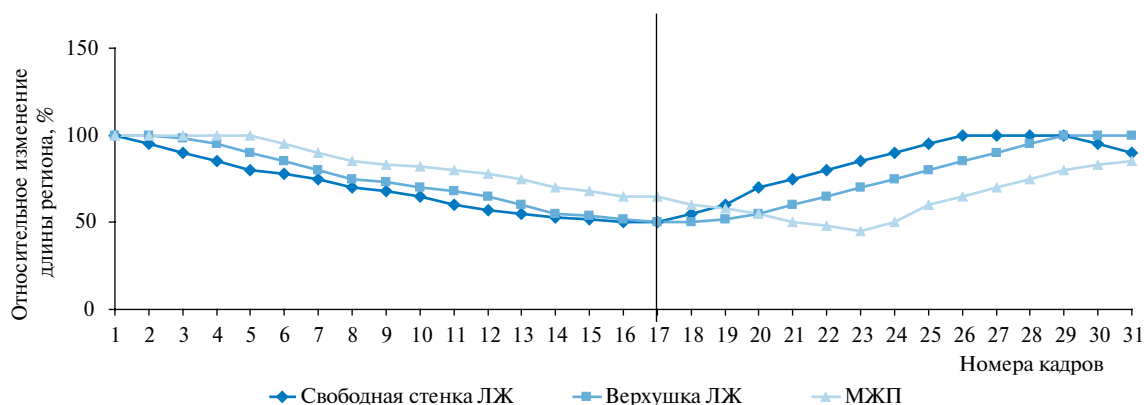


Рис. 2. Пример механического поведения трех регионов стенки ЛЖ.

Примечание: по оси X — номера кадров, расстояние между которыми соответствует 21,7 мс; по оси Y — относительное изменение длины региона; за 100% принята длина региона в конце диастолы ЛЖ; сплошная вертикальная линия отражает момент времени, соответствующий концу систолы ЛЖ в целом.

на базе научной лаборатории “Технологии восстановления и отбора в спорте” УрФУ с использованием стресс-системы AT-104 Schiller AG (Швейцария). Применяли протокол максимального теста тредмилметрии “до отказа” в соответствии с рекомендациями ACC/ANA 2002 guideline update for exercise testing (2006) [14]. Оценивали максимальное потребление кислорода (МПК, мл/кг/мин), двойное произведение (ДП, уд./мин·мм рт.ст.) в покое и при нагрузке, а также прирост ДП (ДП при максимальной нагрузке — ДП в покое).

Статистический анализ данных проводился с использованием пакетов программ “Excel” (Microsoft) и SPSS Statistics 17.0 (IBM). Были использованы методы непараметрической статистики, а также однофакторный дисперсионный анализ сравнения средних значений и многофакторный дисперсионный анализ методом общей линейной модели (GLM).

Результаты

Количество ЛС у испытуемых варьировало от 1 до 5 единиц на один ЛЖ, в среднем — 2 ± 1 единицы. Апикальные ЛС не принимались в расчет по известным причинам [2, 3]. Топология ЛС в ЛЖ была охарактеризована согласно предложенной ранее классификации [12, 13]. А именно, “срединные поперечные” ЛС составили 22,8% из общего числа визуализированных сухожилий (обнаружены у 39% лиц); “срединные косые” — 18% (30,7% лиц); “базальные поперечные” — 12,9% (27% лиц); “базальные косые” — 9,3% (20% лиц); “срединно-апикальные косые” — 16,6% (38% лиц); “базально-апикальные косые” — 10,8% (24% лиц) и “базально-срединные косые” — 9,6% (19,7% лиц).

Таким образом, группа оказалась представлена лицами с сухожилиями в ЛЖ, преимущественно расположенными в высоких отделах камеры, и ориентированными перпендикулярно или под небольшим углом к длинной оси ЛЖ.

Таблица 1

Значения показателей глобальной структуры и функции ЛЖ

Параметр	Среднее и стандартное отклонение	Норма
КДО, мл	110,94±22,27	67-155 (м); 56-104 (ж)
УО, мл	72,4±13,4	70-80
ФИ, %	66,0±4,65	>55
КДР, мм	47,9±4,6	<65
КСР, мм	30,53±4,08	<37
МЖП, мм	9,06±1,34	<12
ЗСЛЖ, мм	8,85±1,16	<12
ММ, г	150,20±44,73	<200 (м); <150 (ж)
ИММ, г/м ²	84,8±16,3	<102 (м); <88 (ж)
Е/А	1,82±0,34	0,73-2,33

Сокращения: ЗСЛЖ — задняя стенка левого желудочка, КДО — конечно-диастолический объем, КДР — конечно-диастолический размер, КСР — конечно-систолический размер, МЖП — межжелудочковая перегородка, ММ — масса миокарда, ИММ — индекс массы миокарда, УО — ударный объем, ФИ — фракция изгнания, Е/А — соотношение максимальной скорости раннего (Е) и позднего (А) диастолического наполнения ЛЖ.

В таблице 1 представлены результаты стандартного ЭхоКГ исследования испытуемых. Видно, что все показатели глобальной структуры и функции ЛЖ находятся в пределах условной нормы [8]. Установленный факт хорошо согласуется с уже известными наблюдениями [2, 3]. Вместе с тем, данные анализа региональной функции миокарда выявили значительные отклонения от нормы в механике стенки ЛЖ.

Установлено, что с момента возбуждения ЛЖ регионы МЖП начинали систолическое движение с задержкой по отношению к регионам свободной стенки, которая в среднем составила $50 \pm 7,7$ мс. С момента окончания систолы для всего ЛЖ регионы МЖП демонстрировали систолическое укорочение еще на протяжении 101 ± 62 мс. Важно, что в это время регионы свободной стенки уже удлинялись вследствие растяжения стенки приливающейся

Таблица 2

Результаты однофакторного дисперсионного анализа сравнения средних значений

Фактор	Зависимые переменные	p
Ложные сухожилия в ЛЖ, ед./ЛЖ	CvV, %	0,003
	dT, мс	0,005
	МПК, мл/кг/мин	0,05
	ДП max, уд./мин-мм рт.ст.	0,03
	дДП, уд./мин-мм рт.ст.	0,05

Сокращения: ЛЖ — левый желудочек, CvV — коэффициент вариации средней скорости движения 12 регионов стенки ЛЖ в сечении по длинной оси ЛЖ, dT — среднеквадратичное отклонение для 12 значений длительности задержки между концом систолического укорочения региона и окончанием систолы для ЛЖ в целом, МПК — максимальное потребление кислорода, ДП max — двойное произведение на максимальной нагрузке, дДП — прирост двойного произведения.

кровью в фазу диастолического наполнения ЛЖ. Рисунок 2 качественно иллюстрирует типичную картину обнаруженной закономерности.

При оценке ФРС с помощью нагрузочного тестирования было установлено, что исследуемые лица имели высокий уровень аэробной производительности, эквивалентный в среднем $49,0 \pm 10,5$ мл/кг/мин [14]. Однако индивидуальные значения этого показателя варьировали в широком диапазоне от 30,8 до 63,0 мл/кг/мин. Аналогичное заключение оказалось справедливым и для динамики индекса ДП: $279,4 \pm 39,2$ уд./мин-мм рт.ст., в диапазоне от 153 до 353 уд./мин-мм рт.ст.; и для прироста ДП — $188,4 \pm 43,1$ (64–259) уд./мин-мм рт.ст., следовательно, индивидуальная способность сердца адаптироваться к физическим нагрузкам в группе исследуемых лиц существенно отличалась друг от друга.

Для выяснения влияния ЛХ на региональную функцию миокарда и ФРС был проведен однофакторный дисперсионный анализ сравнения средних значений (табл. 2). В качестве зависимых переменных были выбраны интегральные параметры, характеризующие механическую асинхронность ЛЖ и ФРС, фактором являлся показатель количества ЛС на один ЛЖ. Результаты анализа свидетельствуют, что степень механической асинхронности и ФРС достоверно зависят от количества ЛС на один ЛЖ. Направление зависимостей было определено с помощью корреляционного анализа между числом ЛС на один ЛЖ и используемыми параметрами (зависимыми переменными, табл. 2). Все коэффициенты корреляции имели достоверное и положительное значение. Следовательно, увеличение числа ЛС на один ЛЖ сопряжено с ростом механической асинхронности и снижением ФРС.

Согласно результатам многофакторного анализа (табл. 3) установлено, что наибольший вклад в установленные закономерности оказывают сухожилия, расположенные в высоких регионах ЛЖ, ориентированные перпендикулярно или под небольшим углом к длинной оси ЛЖ и соединяющие МЖП и заднебоковую стенку ЛЖ.

Таблица 3

Результаты одномерного многофакторного дисперсионного анализа методом общей линейной модели (GLM)

Зависимая переменная	Фактор — варианты анатомического расположения сухожилий	p
Прирост ДП, уд./мин-мм рт.ст.	Базальные + срединные + соединяющие МЖП и заднюю стенку	0,022
	Базальные + срединные + косые ЛХ	0,030
	Поперечные + срединные	0,043
МПК, мл/кг/мин	Базальные + срединные	0,020
	Соединяющие МЖП и латеральную стенку + соединяющие МЖП и заднюю стенку	0,050
CvV, %	Соединяющие МЖП и латеральную стенку + соединяющие МЖП и заднюю стенку	0,022
CvVmax, %	Соединяющие МЖП и латеральную стенку + соединяющие МЖП и заднюю стенку	0,05
dT, мс	Соединяющие МЖП и латеральную стенку + соединяющие МЖП и заднюю стенку	0,022

Сокращения: ДП — двойное произведение, МПК — максимальное потребление кислорода, ЛХ — ложные хорды, CvV — коэффициент вариации средней скорости движения 12 регионов стенки ЛЖ в сечении по длинной оси ЛЖ, CvVmax — коэффициент вариации максимальной скорости движения 12 регионов сердечной стенки в сечении по длинной оси ЛЖ, dT — среднеквадратичное отклонение для 12 значений длительности задержки между концом систолического укорочения региона и окончанием систолы для ЛЖ в целом, МЖП — межжелудочковая перегородка.

Обсуждение

В 1987г в классификацию сердечно-сосудистых заболеваний Нью-Йоркской ассоциации кардиологов были внесены изменения, согласно которым малые аномалии сердца, в том числе ЛС в ЛЖ, были выделены в самостоятельную нозологическую форму — синдром диспластического сердца [15]. Известно, что дисплазия соединительной ткани сопряжена с нарушением синтеза коллагена и сопровождается снижением упругости соединительной ткани [1]. С общебиологической точки зрения, возникновение ЛС в полости ЛЖ есть адаптационное явление, направленное на увеличение прочности конструкции полости сердца [1, 3].

В сердце, где элементы конструкции и свойства материала тонко согласованы, появление дополнительных структур в ЛЖ приводит к изменению механики сердечной стенки. Действительно, вклад ЛС в региональную функцию миокарда ассоциируется с увеличением механической асинхронности, которая проявляется десинхронизацией движения участков сердечной стенки (рис. 2, табл. 2). Потенциально данный факт может быть связан с возникновением дополнительных путей проведения возбуждения по ЛС и/или перераспределением нагрузок в участках стенки ЛЖ за счет изменения упругих региональных свойств миокарда.

Вне зависимости от причин влияния ЛС на региональную функцию ЛЖ, увеличение механической

асинхронности снижает эффективность работы сердца [10, 11]. Следовательно, должны быть задействованы резервные возможности сердца для поддержания им адекватной насосной функции. Установить степень вовлечения ФРС у здоровых лиц с ЛС в ЛЖ в покое не представляется возможным. Все испытуемые имели нормальные значения показателей глобальной функции сердца (табл. 1). Однако способность сердца адаптироваться к интенсивной физической нагрузке варьировала в широком диапазоне. Причем, чем больше было ЛС на один ЛЖ, тем выше были уровень исходной десинхронизации и степень вовлечения ФРС (табл. 2). Полученный результат подтверждает заключение, согласно которому механическая асинхронность и ФРС есть тесно связанные между собой явления в нормальном и патологически измененном сердце [10].

Важно отметить, что наибольший вклад в нарушение региональной функции миокарда и в степень вовлечение ФРС вносят ЛС, расположенные в срединных и базальных зонах ЛЖ, соединяющие МЖП и заднебоковую стенку, и ориентированные перпендикулярно или под небольшим углом к длинной оси сердечной камеры (табл. 3).

Таким образом, у здоровых лиц молодого возраста с синдромом дисплазии соединительной ткани функциональный резерв сердца или же его способность адаптироваться к физическим нагрузкам тем меньше, чем больше ложных сухожилий на один ЛЖ. Следовательно, здоровые лица молодого возраста с ЛС в ЛЖ,

систематически занимающиеся спортом, физической культурой и фитнесом, нуждаются в строго индивидуальном дозировании физических нагрузок.

Заключение

Развитие подавляющего числа заболеваний сердца в общем случае сопряжено с нарушением сократимости миокарда, то есть со снижением способности кардиомиоцитов генерировать механическое напряжение и укорачиваться. При этом запускаются различные компенсаторные механизмы, направленные на поддержание стабильной насосной функции сердца в определенных границах физических нагрузок. Уровень толерантности к физическим нагрузкам больных сердечно-сосудистыми заболеваниями качественно отражает степень вовлечения резервных возможностей сердца для адаптации к сложившейся патологической ситуации [10].

В контексте представленного исследования можно заключить, что ЛС в ЛЖ выступают самостоятельной детерминантой ФРС и, следовательно, сужают потенциальные рамки компенсаторных механизмов при возникновении патологических изменений в сердце.

Именно поэтому мы говорим о необходимости пристального внимания к феномену ложных сухожилий в ЛЖ со стороны кардиологов, врачей функциональной и ультразвуковой диагностики. Нам представляется крайне важным, чтобы оценка функции миокарда и тактика лечения пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями выполнялись с учетом рассмотренных в данной работе закономерностей.

Литература

1. Kuznetsov VA, Korzhnenkov AA. False tendons in the heart. Diagnostics and clinical significance: guidelines for practitioners. Meditsinskaya kniga, 2011. p. 272. Russian (Кузнецов В.А., Корженков А.А. Ложные сухожилия сердца. Диагностика и клиническое значение: рук. для врачей. Медицинская книга, Тюмень: Академия, 2011. p. 272).
2. Zemtsovsky EV, Malev EG. Minor anomalies of the heart and dysplastic phenotypes. St-Pb.: Izdatelstvo IVSEF, 2012: p. 160. Russian (Земцовский Э.В., Малев Э.Г. Малые аномалии сердца и диспластические фенотипы: Монография. СПб.: Изд-во "ИВЭСЭП", 2012. p. 160).
3. Silbiger JJ. Left ventricular false tendons: anatomic, echocardiographic, and pathologic insights. J Am Soc Echocardiogr 2013; 26(6): 582-8.
4. Druk IV, Nechaeva GI, Oseeva OV, et al. Personalized Risk Assessment of Adverse Cardiovascular Events in Young Patients With Connective Tissue Dysplasia. Kardiologiya, 2015; 55(3): 75-84. Russian (Друк И.В., Нечаева Г.И., Осеева О.В., и др. Персонализированная оценка риска развития неблагоприятных сердечно-сосудистых проявлений у пациентов молодого возраста с дисплазией соединительной ткани. Кардиология 2015, 55(3): 75-84).
5. Pigolkin Yul. Sudden cardiac death of young individuals during sports activity. Scientific Discoveries, Proceedings of articles the international scientific conference 2016: 264-70. Russian (Пиголкин Ю.И. Внезапная смерть при занятиях спортом у лиц молодого возраста. Scientific Discoveries, Proceedings of articles the international scientific conference 2016: 264-70).
6. Hereditary disorders of connective tissue in cardiology. Diagnostics and treatment: Russian guidelines Russian Guidelines. Developed by Russian cardiology society expert committee. Section Connective tissue dysplasia, Moscow, 2012; Russian Journal of Cardiology 2013; 1(99): Suppl. 1. p. 32. Russian (Наследственные нарушения соединительной ткани в кардиологии. Диагностика и лечение. Разработаны комитетом экспертов Российского кардиологического общества. Секция Дисплазии соединительной ткани, Москва, 2012. Российский кардиологический журнал 2013, 1(99): Приложение 1. 32 с.).
7. ACC/AHA/ASE 2003 Guideline Update for the Clinical Application of Echocardiography: Summary Article. A Report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASE Committee to Update the 1997 Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography). Circulation, 2003; 108: 1146-62.
8. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur Heart J. Cardiovascular Imaging 2015; 16: 233-71.
9. Sokolov SYu, Ustuzganin SS, Kolchanova SG, et al. A program DICOR for the determination of the regional myocardial contractility. Program for PC, database, IC topology. Patent RU No.2002610607, 2002; 3: 79. Russian (Соколов С.Ю., Устюжанин С.С., Колчанова С.Г., Бляхман Ф.А. Программа DICOR для диагностики региональной сократительной способности миокарда (DICOR). Зарегистрированная программа для ЭВМ, РОСПАТЕНТ № 2002610607, Официальный бюллетень российского агентства по патентам и товарным знакам "Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем". 2002, 3: 79).
10. Blyakhman F. Left ventricular inhomogeneity and the heart's functional reserve. Chapter in the book "Cardiac Pumping and Perfusion Engineering". Ed. by Prof. D. Ghista. World Scientific Press, 2007: 17-56.
11. Blyakhman FA, Naidich AM, Sokolov SY, et al. Validity of ejection fraction as a measure of myocardial functional state: impact of asynchrony. Eur J Echocardiogr 2009; 10(5): 613-8.
12. Mekhdieva K, Timokhina V, Sokolov S, et al. Cardiac regional function of young sportsmen with false tendons in the left ventricle. J Mech Med Biol 2015; 15(2): 1-6.
13. Zinovieva Yu, Mekhdieva K, Sokolov S, et al. Mapping of false tendons in the left ventricle based on the heart transthoracic ultrasound visualization. J Med Imaging Health Inf 2015; 5(6): 1217-22.
14. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol 2006; 48(8): 1731.
15. Boudoulas H. Etiology of Valvular Heart Disease in the 21st century. Hellenic J Cardiol 2002; 43: 484-90.